

Des cas de déficience en cuivre en pépinière de palmiers à huile en Amazonie brésilienne

A. R. PACHECO (1), I. M. BARNWELL (2) et B. J. TAILLIEZ (3)

Résumé. — En 1981-1982 des anomalies sérieuses de développement ont été observées en jeune culture et en pépinière de palmiers à huile sur la plantation de la Codepa et sur la pépinière de la station de Rio Urubu de l'Embrapa-CNPDS au Brésil. — Ces anomalies sont les suivantes : petites taches chlorotiques à l'extrémité des jeunes feuilles. Ces taches jaunissent en vieillissant et de petites nécroses apparaissent. La croissance en hauteur des plants s'arrête. La teneur en cuivre des feuilles est inférieure à 2 ppm. Plusieurs essais ont été mis en place pour tester l'hypothèse de la déficience en cuivre, estimer les risques de phytotoxicité, déterminer le mode de traitement optimal. La correction de la déficience en cuivre peut être obtenue par pulvérisation de sulfate de cuivre sur le feuillage (solution à moins de 0,1 p. 100 pour éviter la phytotoxicité), ou par application au sol (moins de 5 g par sac pour des plants de 6 mois de pépinière). On constate qu'une fumure NPK intensive accélère l'apparition des symptômes. Le matériel végétal est plus ou moins sensible selon son origine. En pépinière une teneur de 4,5 ppm pour les feuilles 2 à 6 peut être considérée comme le niveau critique.

INTRODUCTION

Le cuivre joue un rôle important dans la physiologie de la plante car il entre dans la constitution de plusieurs protéines, en particulier la cytochrome oxydase et la plastocyanine qui interviennent dans la photosynthèse.

La carence en cuivre est connue depuis une trentaine d'années dans les plantations réalisées sur les tourbes profondes pures de Malaisie. Les résultats d'une recherche agronomique active, conduite dans ce pays durant ces 20 dernières années, permettent maintenant de corriger les conséquences néfastes de la pauvreté en cuivre des sols organiques.

Par contre, on n'avait encore jamais rapporté de cas de plantation, réalisée sur des sols minéraux, qui avait à souffrir des effets d'une insuffisance nutritionnelle en cuivre mais, en 1981/82, des anomalies sérieuses de développement de plants de palmiers à huile sont observées en jeune culture sur des sols sédimentaires du tertiaire et en pépinière sur la plantation en cours d'installation de la Companhia Dende do Amapa (CODEPA) au Brésil.

Parmi les traitements testés immédiatement par la CODEPA, en essais, dans ses pépinières, il s'est avéré rapidement qu'un complexe silicaté d'oligoéléments contenant du cuivre améliore l'aspect végétatif des plants déjà atteints par les anomalies de développement, ou évite tout problème de croissance aux plants encore sains. Par ailleurs, les premières analyses foliaires réalisées montraient des teneurs natives, particulièrement faibles, en cuivre. Enfin une similitude de symptômes avec ceux observés en plantation de palmiers en Malaisie et appelés « Mid Crown Chlorosis » par Ng Siew Kee *et al.* qui les attribue en 1974 à la déficience en cuivre, ce qui fut confirmé par de nombreux auteurs, en particulier par Gurmit Singh en 1982, conforte CODEPA dans son identification de l'origine des

symptômes observés dans les pépinières d'Amapa. Il est intéressant de rappeler qu'en 1980, à l'occasion d'un inventaire général, réalisé par l'IRHO, les plus faibles teneurs foliaires en cuivre avaient été trouvées dans une plantation de palmiers proche de Belem (Brésil, Etat du Pará) installée sur des sols sédimentaires du tertiaire, assez semblables à ceux de la plantation de CODEPA.

Un an après CODEPA, l'EMBRAPA/CNPDS (Maués) constate l'existence de désordres de croissance identiques dans ses pépinières de la station du Rio-Urubu.

L'EMBRAPA mit alors en place une expérimentation très complète en pépinière pour étudier les modalités de l'alimentation en cuivre des plants de palmiers et rechercher les méthodes de traitements curatifs et préventifs les mieux adaptées pour les sols utilisés qui sont des « lato-sols » de texture sableuse à CODEPA, et sablo-argileuse à l'EMBRAPA. Le tableau I donne les principales caractéristiques physico-chimiques du sol utilisé à la station du Rio-Urubu ; la diminution constatée des teneurs en cations échangeables entre le début et la fin des essais est certainement due à la perte par lixiviation pendant l'arrosage des pépinières des éléments provenant du brûlage de la végétation abattue lors du défrichement de la forêt.

I. — DESCRIPTION DES SYMPTÔMES OBSERVÉS EN PÉPINIÈRE ET LEUR ORIGINE

Les symptômes observés sur des plants ayant déjà séjourné quelques mois dans les pépinières de CODEPA et de l'EMBRAPA sont les suivants :

— Au tout premier stade, on remarque de petites taches blanchâtres chlorotiques de forme rectangulaire de 0,5 à 1 mm de côté sur les extrémités des jeunes feuilles de rang 1 à 2. Ces taches sont souvent confluentes, formant des amas allongés, parallèlement aux nervures, au contour irrégulier (4).

(1) EMBRAPA, c. postal n° 48, Belem (Brésil).

(2) c/o SOCFIN, 2, Place du Champs de Mars, B-1050 Bruxelles (Belgique).

(3) IRHO-CIRAD, Station de La Mé (Côte d'Ivoire).

(4) Voir Fig. 1 des « Conseils de l'IRHO » N° 269 inclus dans le numéro d'Août-Septembre d'*Oléagineux*, p. 379.

TABLEAU I. — Essais A et B (1983) en pépinière du Rio Urubú — Caractéristiques physico-chimiques du sol

	Mars 1983 début d'essai	Novembre 1983 (traitements témoins) Fin d'essai
Granulométrie (%)		
Argile	27,5	23,2
Limon	4,4	15,3
Sable fin	11,5	15,2
Sable grossier	56,7	46,3
Matière organique (%)		
Carbone	1,80	2,91
Azote total	0,19	0,29
Phosphore (ppm)		
total	166	137
assimilable Olsen	44	45
Bray	28	29
Complexe absorbant (meq/100 g)		
Ca	3,35	0,93
Mg	3,22	0,37
K	0,27	0,06
Somme des bases	6,89	1,41
Al échangeable	1,29	?
CEC	17,89	9,05
Saturation (%)	38	16
pH eau	4,45	4,90

— Ces chloroses sont déjà visibles dans la flèche avant son ouverture. Au stade suivant, ces amas chlorotiques jaunissent et deviennent même oranges en vieillissant (feuilles 2 à 4) et de petites nécroses se développent à l'extrémité de ces feuilles. La pépinière prend alors un aspect général bronzé tandis que les nouvelles feuilles ouvertes apparaissent nettement plus courtes que les précédentes avec des densités croissantes de taches caractéristiques (Fig. 2 des « Conseils de l'IRHO », N° 269).

— La croissance en hauteur des plants s'arrête, l'émission de petites feuilles est ralentie et les nécroses suivies de dessèchement qui débute déjà sur la flèche, peuvent toucher jusqu'à la moitié de la surface des feuilles atteintes. Les feuilles les plus âgées, non affectées par le désordre au moment de leur émission, gardent un aspect et une couleur normaux.

— On peut constater la stabilisation de cet état si la fumure NPK, nécessaire par ailleurs à la croissance des plants, est suspendue, sinon le dépérissement se poursuit jusqu'à la mort du plant.

Dans la première pépinière de CODEPA, 50 à 60 p. 100 des plants âgés de 5 à 6 mois étaient touchés par les symptômes dont la gravité était telle qu'elle entraîna l'élimination de la moitié des plants avant la mise aux champs.

On remarquera que ces symptômes sont très proches de ceux décrits par Ng Siew Kee *et al.* mais, probablement parce qu'il s'agit ici de plants de pépinière, ils affectent d'abord la partie supérieure de la couronne de feuilles et non son milieu. De plus, les premiers résultats d'analyses foliaires disponibles pour la pépinière de CODEPA confirment, dès 1982, que l'hypothèse d'une carence en cuivre est, de toutes celles qui ont été envisagées, la plus plausible pour expliquer l'origine des désordres observés. En effet, dans le tout premier essai mis en place dans une pépinière âgée de 5 mois, où une partie des plants extériorisait déjà

les symptômes décrits, la teneur en cuivre des feuilles est très faible : 1 ou 1,2 ppm seulement. Par ailleurs, des plants malades, qui à l'âge de 4 mois ont reçu 20 g de FTE BR 10 (1), mélange d'oligo-éléments contenant, entre autres, 1 p. 100 de cuivre, commencent à récupérer 3 mois plus tard, ce qui n'était pas le cas des plants non traités. Cette récupération s'accompagne d'une augmentation, néanmoins modeste, des teneurs foliaires en cuivre : teneur (F7) des plants traités = 2,4 ppm, teneur des plants témoins = 1,8 ppm.

II. — EFFETS DU SULFATE DE CUIVRE EN PÉPINIÈRE

Tous les essais mis en place par l'EMBRAPA à partir de 1983 ont été réalisés avec le sulfate de cuivre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ dosant 25 p. 100 Cu) parce qu'il était immédiatement disponible et qu'il est réputé pour être meilleur marché que les autres formes de cuivre. Deux méthodes ont été envisagées : application au sol ou pulvérisations foliaires.

1. — Application du sulfate de cuivre au sol.

Plusieurs essais ont été mis en place par l'EMBRAPA, pour :

- tester l'hypothèse de la déficience en cuivre,
- estimer les risques de phytotoxicité,
- déterminer le mode de traitement optimal.

1^{er} essai. — Cinq doses de $\text{Cu SO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ sont appliquées chacune sur 5 plants âgés de 6 mois (2), appartenant à 5 croisements différents qui présentent des anomalies sérieuses de développement. Les plants mesurent environ 50 cm de hauteur en moyenne en début d'essai (Tabl. II).

La hauteur des plants qui ont reçu le Cu SO_4 , mesurée 3 et 4 mois après l'application, est significativement supérieure à celle des témoins. Les taches chlorotiques caractéristiques n'apparaissent plus sur les jeunes feuilles émises après l'application sur A-B-C-D, mais ont réapparu progressivement sur quelques plants, d'abord sur A et B (doses faibles) puis sur C et même sur D.

Aux doses testées, l'excellente récupération des plants grâce au sulfate de cuivre n'est donc que provisoire et la dose supérieure (1 g/sac) paraît préférable.

2^e essai. — 55 plants âgés de 6 mois d'un même hybride D \times P, tous déficients de façon homogène avaient d'abord été traités uniformément par trois pulvérisations foliaires hebdomadaires au sulfate de cuivre à 150 ppm (5 à 10 mg/plant). A la 4^e semaine, l'essai débute avec une seule application de sulfate de cuivre au sol selon la méthodologie du 1^{er} essai (Tabl. III).

Les symptômes de déficience qui avaient disparu sur tous les plants grâce aux applications foliaires généralisées, réapparaissent moins de 3 mois plus tard, d'abord sur le témoin, puis progressivement sur les autres traitements. La croissance en hauteur des plants du 4^e au 5^e mois est d'autant plus médiocre que la proportion de plants avec symptômes observés au 4^e mois est forte.

(1) Complexe silicaté nutriplant contenant 7 % de Zn, 2,5 % de B, 1 % de Cu, 4 % de Fe, 4 % de Zn, 0,1 % de Mo et 0,1 % de Co, insoluble dans l'eau, partiellement soluble dans l'acide citrique.

(2) Pour tous les essais, l'âge correspond au temps passé en pépinière après une pré-pépinière de 3 à 5 mois.

TABLEAU II. — 1^{er} essai

Traitements	T	A	B	C	D
Quantité : Cu SO ₄ , 5H ₂ O/sac (mg)	0	125	250	500	1 000
Quantité : solution/sac (ml)	0	10	20	40	80
Hauteur 4 mois après application (cm)	58,8	90,2*	85,0*	98,6*	99,0*
Croissance en hauteur du 3 ^e au 4 ^e mois (cm)	2,6	17,4	9,6	12,8	15,2
Nombre de plants avec nouveaux symptômes au 4 ^e mois	5/5	3/5	3/5	2/5	1/5

TABLEAU III. — 2^e essai

Traitements	T	A	B	C	D
Cu SO ₄ , 5H ₂ O/sac (mg)	0	125	250	500	1 000
Nombre de plants	9	10	10	10	6
Nombre de plants avec nouveaux symptômes : 4 mois après l'application	9/9	8/10	7/10	1/10	0/6
5 mois après l'application	9/9	10/10	7/10	7/10	1/6
Hauteur 5 mois après application (cm)	77,5	94,6	98,6	101,4	105,0
Croissance du 4 ^e au 5 ^e mois (cm)	3,3	10,8	12,9	14,7	14,8

TABLEAU IV. — 3^e essai

Traitements	T	A	B	C	D
Cu SO ₄ , 5H ₂ O/sac (g)	0	0,5	1	2	4
Hauteur 2 mois après application (cm)	92,7	93,0	101,3	96,2	93,7
Croissance en 2 mois (cm)	24,4	18,3	27,5	25,3	26,9

TABLEAU V. — 4^e essai

Traitements	T	A	B	C
Cu SO ₄ , 5H ₂ O/sac (g)	0	5	10	15
Nombre de plants avec nécroses	0/5	0/5	3/5	5/5
Nombre de feuilles/plant avec nécrose	0	0	1,8	3,4
Teneurs en Cu (ppm) :				
Feuille n° 2	2,5	4,6	9,0	
Feuille n° 6	2,0	3,5	11,5	

Ici encore, la dose de 1 g de sulfate de cuivre/sac a la meilleure efficacité pendant au moins 2 mois supplémentaires par rapport au témoin.

3^e Essai. — Il se proposait de déterminer le seuil de phytotoxicité. Cinq doses sont appliquées, chacune sur 10 plants âgés de 6 mois et non déficients d'un même hybride D × P. Le volume de solution utilisé (180 ml/plant) est commun à tous les traitements (Tabl. IV).

On ne constate pas de différence de croissance appréciable entre traitements, et l'apport de 4 g de sulfate de cuivre n'a pas été phytotoxique, aucun symptôme n'étant apparu.

Les analyses foliaires réalisées 2 mois après le traitement pour T, B et D montrent que l'assimilation du cuivre est plus sensible dans les jeunes feuilles (rang 2) que dans les plus âgées (rang 6, pour cet essai).

Traitements	T (0)	B (1 g)	D (4 g)
Teneurs en Cu (ppm) :			
Feuille n° 2	1,0	2,9	5,1
Feuille n° 6	1,2	2,2	2,7

4^e Essai. — Cet essai avait pour but de tester des applications plus fortes de sulfate de cuivre au sol pour atteindre le seuil de phytotoxicité. Les 4 doses sont appliquées chacune sur 5 plants âgés de 7 mois et non déficients d'un même hybride D × P (Tabl. V).

Deux semaines après le traitement, les symptômes de phytotoxicité apparus pour les doses 10 et 15 g sont stabilisés en étendue. Les symptômes légers se présentent comme de fines lignes sinueuses de couleur beige de chaque côté des nervures secondaires. Lorsque les nécroses sont plus sévères, on observe des taches dont le centre est beige, bordé d'un fin liséré marron-noir. Les nécroses sont visibles sur une ou plusieurs feuilles de rangs variables qui sont atteintes de façon généralement dissymétrique (folioles nécrosées d'un seul côté de la feuille).

On peut estimer que, dans les conditions de cette pépinière, les teneurs en Cu proches de 10 ppm (traitement B) sont à la limite de la toxicité et ne sont donc pas souhaitables.

Le seuil de phytotoxicité de Cu SO₄, 5H₂O apporté dans le sac sur plants de 7 mois, se situe donc entre 5 et 10 g, ce qui représente une quantité assez considérable pour un oligoélément dont on ne retrouve que quelques ppm dans la plante.

CODEPA avait obtenu dès 1982 des résultats comparables en ce qui concerne le niveau de toxicité du cuivre dans deux essais, dont l'un testait des doses très élevées de sulfate de cuivre et l'autre différents produits contenant du cuivre.

a) Dans le premier essai, le sulfate de cuivre en forme de poudre a été appliqué à raison de 10 g, 20 g, 50 g et 100 g, répandu directement sur la terre (50 kg) contenue dans les sacs. Cette application a été effectuée le 11 juin. Tout de suite après celle-ci, il y a eu une forte chute de pluie. A la suite de l'averse, il n'y avait aucune trace de la poudre de sulfate de cuivre sur la surface de la terre.

Les effets de cette application de sulfate de cuivre en poudre étaient les suivants :

10 g — **toxicité légère**, les plants ont repris,

20 g — **toxicité moyenne**, les plants ont repris lentement,

50 g — **toxicité grave**, entraînant la mort de la moitié des plants,

100 g, quelques jours après l'application tous les plants étaient morts.

La toxicité à 20 g et à 50 g a été accompagnée d'un effet étrange. Beaucoup de plants ont émis deux ou trois feuilles vert foncé de très petite taille. Certaines d'entre elles étaient même remarquablement petites, n'étant que de 10 cm de long.

b) Dans le deuxième essai, dix-huit palmiers ont été attribués à chaque produit, dont 6 témoins, 6 recevant 1 g de cuivre et 6 recevant 2 g de cuivre. Les détails sont donnés ci-dessous :

Produit	Cuivre P. 100	Date d'application	Equiv. 1 g Cu	Equiv. 2 g Cu
Sulfate de cuivre	25	14 juin	4 g	8 g
FTE BR 16	3,5	14 juin	28 g	56 g
Oxychlorate de cuivre	35	16 juin	3 g	6 g
ZinCOP	10	21 juin	10 g	20 g

Il est à noter que les sacs utilisés ici (25 kg) étaient plus petits que ceux du premier essai.

Il est devenu vite évident que 2 g de cuivre étaient toxiques. Les plants présentaient les très petites feuilles vert foncé caractéristiques. A la fin du mois d'août, la parcelle ayant reçu 4 g de sulfate de cuivre commençait à reprendre. Le mois de septembre était bien avancé avant l'apparition de symptômes dans les autres parcelles.

En définitive, dans les 2 essais de CODEPA, comme dans ceux de l'EMBRAPA, le seuil de sécurité à ne pas dépasser pour éviter toute toxicité est voisin de 5 g de sulfate de cuivre pour un plant déjà âgé de 6 mois.

2. — Pulvérisations foliaires de sulfate de cuivre.

1^{er} Essai. — C'est un essai semblable au 1^{er} essai de l'EMBRAPA avec application du sulfate de cuivre au sol. 25 plants âgés de 5 mois et sérieusement déficients, répartis en 5 lignées différentes (5 répétitions) ont été soumis à 5 concentrations différentes d'une solution de sulfate de cuivre, pulvérisée à intervalles de 7 jours sur le feuillage. La quantité de solution pulvérisée par plant a été la même pour tous les objets : environ 20 ml/pulvérisation, et le traitement a été répété 7 fois (Tabl. VI).

Les concentrations les plus fortes assurent les meilleures croissances du 4^e au 5^e mois. Les taches chlorotiques qui n'apparaissent plus sur les feuilles nouvellement émises des traitements A, B, C, D ont réapparu d'abord sur A au cours du 4^e mois, puis sur B et C pendant le 5^e mois. C'est la concentration la plus forte (600 ppm), dont la pulvérisation n'a entraîné aucun symptôme de brûlure des feuilles, qui permet d'avoir la meilleure efficacité plus longtemps sur les symptômes. On notera cependant l'excellente performance sur la croissance des faibles doses apportées par les traitements A et B.

2^e Essai. — Le palmier à huile étant réputé pour sa grande sensibilité aux produits cuivrés en pulvérisation foliaire, il était utile de savoir où se situait réellement le niveau de phytotoxicité en pépinière. Six lignes de 10 plants âgés de 6 mois d'un même hybride très homogène et sans aucun symptôme de déficience ont été traitées avec 6 concentrations différentes, la plus forte étant proche de 0,5 p. 100 (0,48 p. 100) (Tabl. VII).

Une seule pulvérisation, apportant environ 20 ml/plant, a été réalisée.

Les nécroses de phytotoxicité, quand elles existent, apparaissent dès les premiers jours qui suivent le traitement. On n'a observé aucune nécrose sur A ; des taches minuscules insignifiantes sur la feuille n° 1 de 5 plants sur 10 de B ; des nécroses plus sérieuses sur jeunes feuilles de tous les plants de C et des taches de surface assez importante sur feuilles jeunes et âgées, les feuilles intermédiaires étant les moins touchées, sur D et E. Les nécroses qui cor-

TABLEAU VI. — 1^{er} essai

Traitements	T	A	B	C	D
Concentration solution (ppm)	0	75	150	300	600
Cu SO ₄ , 5H ₂ O/ semaine/plant (mg)	0	1,5	3	6	12
Cu SO ₄ , 5H ₂ O/ 7 semaines (mg)	0	10,5	21	42	84
Hauteur 5 mois après 1 ^{re} application (cm)	50,8*	91,2*	105,6*	106,4*	100,6*
Croissance du 4 ^e au 5 ^e mois (cm)	-0,4	11,8	17,8	21,6	19,8
Nombre de plants avec symptômes de déficience le 5 ^e mois	5/5	4/5	4/5	2/5	0/5

TABLEAU VII. — 2^e essai

Traitements	T	A	B	C	D	E
Concentration solution (ppm)	0	300	600	1 200	2 400	4 800
Cu SO ₄ , 5H ₂ O/ plant (mg)	0	6	12	24	48	96
Hauteur après traitement (cm)	68,3	70,2	70,7	69,7	66,2	68,1
Croissance en 2 mois (cm)	21,6	25,9	26,7	27,6	25,7	20,5

respondent à des gouttelettes distinctes (B) ou confluentes (C, D, E) présentent un centre beige clair bordé d'un liséré brun-noir très caractéristique, une semaine après traitement.

La phytotoxicité temporaire des concentrations fortes ne joue sur la croissance des plants que pour D et E (Fig. 1).

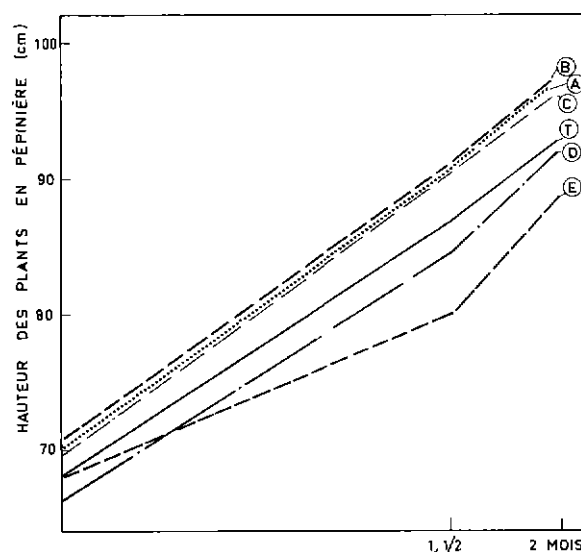


FIG. 1. — Application foliaire de sulfate de cuivre

	ppm	P. 100
T	0	0
A	300	0.03
B	600	0.06
C	1 200	0.12
D	2 400	0.24
E	4 800	0.48

Concentration de
la solution.

L'effet dépressif observé nettement sur E diminue au cours des 15 derniers jours. A la fin de l'essai, une très légère déficience commence à apparaître sur quelques plants de T d'où un ralentissement de la croissance de cet objet. Ceci permet d'affirmer que la présence des taches chlorotiques décrites sur feuilles 1-2 se traduit obligatoirement par un ralentissement de la croissance et, réciproquement, l'absence de symptômes est synonyme d'absence de déficience, tout au moins au stade pépinière (comparaison sur la figure 1 de l'évolution de la courbe T avec les trois courbes A, B, C).

III. — INFLUENCE DES FUMURES ET DU MATÉRIEL VÉGÉTAL SUR L'APPARITION DE LA DÉFICIENCE EN CUIVRE

Essai A. — Cet essai de fumure en pépinière effectué sur un hybride provenant de Côte d'Ivoire, avait été installé par l'EMBRAPA, en même temps que le reste de la pépinière sans savoir que la déficience en cuivre allait apparaître. C'est un essai d'orientation factoriel ²⁵ avec absence et présence d'urée, superphosphate triple (SPT), chlorure de potasse (KCl) et sulfate de magnésium (Mg SO₄).

Les résultats en fin d'essai à 7-8 mois sont les suivants (Tabl. VIII).

Cet essai met en évidence que les plants non fumés souffrent de déficiences en N, P et K, qu'il est indispensable de corriger. Mais l'urée et le phosphate diminuent la nutrition en cuivre de 20 à 23 p. 100 respectivement et induisent ainsi l'apparition d'une déficience comme le montrent les corrélations suivantes :

- Teneurs en N/teneurs en Cu : $r = -0,585^{***}$,
- Teneurs en P/teneurs en Cu : $r = -0,597^{***}$,
- P. 100 plants déficients en Cu/teneurs en Cu :
 $r = -0,485^{**}$.

Ces antagonismes ont été remarqués chez de nombreuses espèces cultivées, dont le palmier à huile planté sur tourbes profondes en Malaisie. Par contre, la potasse semble jouer un rôle régulateur tendant à limiter cette déficience en cuivre.

L'antagonisme cuivre-zinc cité dans la littérature n'apparaît pas évident dans cet essai, alors que la nutrition en zinc est particulièrement élevée en liaison avec l'irrigation (sans irrigation, les teneurs en Zn sont dix fois moindres).

Essai B. — En même temps que l'essai A, un essai en blocs visant à déterminer la dose optimale d'une fumure composée N - P - K - Mg (12-17-8-3) était installé, utilisant 6 hybrides Harrison & Crosfield à raison de 1 par répétition. Les doses testées étaient 0-45-90-135 et 180 g/plant pendant les six premiers mois de pépinière, fractionnées en une application mensuelle croissante avec l'âge.

Les résultats illustrés par la figure 2 montrent qu'en fin d'essai (7-8 mois) :

— le meilleur développement des plants obtenu grâce à la fumure N P K Mg s'accompagne néanmoins de l'apparition de la déficience en cuivre sur une proportion croissante de plants quand la dose augmente ;

— l'effet dépressif du traitement E par rapport à D est en relation directe avec le doublement du nombre de cas de déficience en cuivre ;

— en moyenne, les plants déficients en cuivre ont leur hauteur, leur circonférence au collet et leur émission foliaire inférieures respectivement de 38, 32 et 19 p. 100 à celles des plants sans symptôme ayant reçu la même fumure et cet écart paraît indépendant de la dose appliquée ;

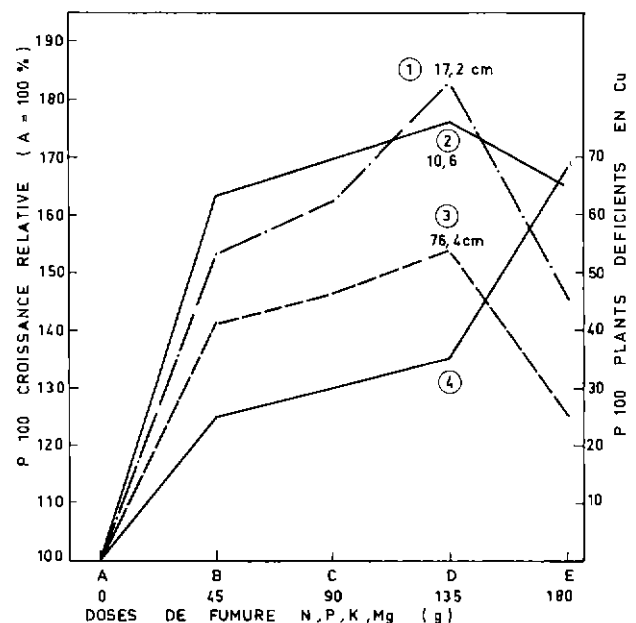


FIG. 2. — Influence de la dose de fumure N, P, K, Mg sur la croissance et l'apparition de la déficience en Cu :

- 1 : circonférence au collet, 3 : hauteur des plants,
2 : émission foliaire, 4 : déficience en Cu

TABEAU VIII.

Traitements	Urée		SPT		KCl		Dolomie		Mg SO ₄	
	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	(1)		(2)		(3)		(4)		(5)	
Circonférence au collet (cm)	15,9	18,0**	16,6	17,4*	16,2	17,7*	17,2	16,7	17,1	16,8
% plants déficients en Cu (6)	2,4	10,8	1,2	12,0*	10,2	3,0	6,0	7,2	5,5	7,7
Teneurs en Cu (ppm)	3,77	3,02	3,84	2,95	3,43	3,35	3,85	2,94	3,34	3,44
Teneurs en Zn (ppm)	202	183*	187	198	211	174**	191	194	194	191

* Différence significative au seuil de 5 p. 100 ; ** : au seuil de 1 p. 100.

(1) Urée 45 g fractionnés sur 6 mois ; (2) SPT (45 g) ; (3) KCl (15 g) ; (4) Dolomie 50 g mélangés au terreau ; (5) Mg SO₄ (15 g) fractionnés en 2 fois.

(6) Données transformées.

— la quantité de sol utilisé étant faible et ce dernier ayant été bien mélangé et homogénéisé avant le remplissage des sacs, on peut pratiquement admettre que les différences de comportement observées entre blocs (tous traitements confondus) représentent bien celles qui existent entre les phénotypes des 6 hybrides étudiés. On observe ainsi des différences considérables de sensibilité à la déficience en cuivre :

Bloc ou hybride (moyennes). I II III IV V VI
P. 100, plants déficients en Cu. 52,5 17,5 37,5 17,5 40,0 72,5

Observations diverses.

La pépinière 1983 du Rio Urubu comportait plusieurs origines de matériel, placées côte à côte, qui ont montré des comportements différents à la carence en cuivre. L'absence de dispositif statistique interdit toute conclusion catégorique, mais on peut noter les tendances suivantes :

— dans le matériel destiné à l'essai comparatif d'hybrides, à variabilité génétique pourtant assez restreinte, la proportion des plants atteints par la déficience en Cu, varie de 1 à 77 p. 100 selon les croisements ;

— le matériel de collection *E. guineensis*, donc non amélioré, est en général peu sensible, ainsi que les *dura* autofécondés, bien qu'il y ait des exceptions ;

— parmi les hybrides commerciaux, les 6 provenant de la Station de La Mé (Côte d'Ivoire) sont atteints à moins de 10 p. 100 de cas, tandis que sur les 9 de Harrison & Crosfield, l'un est proche de 10 p. 100, 5 de 50 p. 100 et 3 de 70 p. 100. Des observations comparables sont faites dans l'une des pépinières de CODEPA, dans laquelle le pourcentage de plants utilisables aux champs varie sensiblement d'un croisement à l'autre ;

— aucun cas n'a été noté parmi les *Elaeis melanococca* ;

— à l'intérieur d'un croisement, les plants déficients répartis au hasard, peuvent être assez homogènes en degré de déficience ou présenter tous les stades. Il existe généralement des différences de nutrition entre les plants avec et sans déficience d'un même croisement (par exemple HC 10833).

Feuille Rang 3 (P. 100 de m.s.)	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn
Plants non déficients	3,38	0,222	2,09	0,269	0,261	2,4	133
Plants déficients	3,90	0,287	2,50	0,246	0,296	1,3	220

Même lorsque les plants déficients et non déficients d'un même croisement reçoivent du sulfate de cuivre et que les symptômes de déficience n'apparaissent plus sur les jeunes feuilles, il subsiste des différences nutritionnelles entre eux, ce qui explique qu'un peu plus tard la déficience en cuivre réapparaisse uniquement sur les plants dont la déficience avait été observée la première fois et qui « rechutent » donc. Pour le même croisement HC 10833, trois mois après avoir reçu du sulfate de cuivre et après l'arrêt de la fumure N P K Mg, on a :

Feuille Rang 3 (P. 100 de m.s.)	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn
Plants non déficients	2,85	0,202	1,757	0,322	0,243	4,1	119
Plants déficients	3,22	0,212	2,239	0,281	0,194	2,8	107

CONCLUSION

La déficience en cuivre du palmier à huile en pépinière utilisant un sol minéral sableux acide classique apparaît par suite de la conjonction de 3 facteurs :

- pauvreté native du sol en cuivre,
- application d'une fumure minérale relativement intensive, en particulier en azote et en phosphore,
- sensibilité relative du matériel végétal à cette déficience.

L'absence des taches chlorotiques, symptômes légers sur jeunes feuilles, permet de s'assurer qu'il n'y a pas encore de déficience, c'est-à-dire que la croissance du plant ne serait pas supérieure si du cuivre était appliqué et réciproquement dès que les premiers symptômes sont observés, la nutrition en cuivre est bien le facteur limitant de la croissance.

La correction de cette déficience peut être aisément obtenue grâce au sulfate de cuivre soit par pulvérisation d'une solution sur le feuillage, soit par application au sol, mais cette dernière méthode consomme 20 à 50 fois plus de produit à efficacité égale par suite de la fixation d'une forte proportion du cuivre sur la matière organique superficielle.

La concentration de la solution à pulvériser ne doit pas dépasser 0,1 p. 100 et l'application au sol 5 g de sulfate de cuivre/sac pour éviter tout risque de phytotoxicité sur plants ayant déjà séjourné 6 mois en pépinière.

En pépinière, une teneur de 4-5 ppm pour les feuilles 2 à 6 paraît suffisante et pourrait être considérée comme niveau critique, tandis qu'avec des teneurs inférieures à 3 ppm, il y a des risques de voir apparaître des symptômes de déficience sur certains plants plus sensibles, tandis que d'autres ne seront pas déficients avec 1 à 2 ppm seulement.

Les symptômes de même nature observés un an auparavant en jeune culture sur les premières plantations de CODEPA (cultures 1980) avaient été assimilés à des dégâts de sécheresse ; 10 p. 100 des plants avaient été remplacés notamment sur les bordures du plateau là où les désordres étaient les plus graves. En janvier 1982, les symptômes apparaissent à la fois sur la pépinière et sur les jeunes cultures 1981 et la série d'essais très divers effectués par CODEPA en pépinière conduit à l'intime conviction d'une déficience en cuivre, et à la décision d'apporter immédiatement 2 g par plant de sulfate de Cu (en mélange avec du sable) à l'ensemble des cultures 1980 et 1981. Cette première réaction d'urgence a été suivie par la suite d'une politique générale de fumure cuivre, basée sur l'utilisation d'un complexe silicaté, analogue au FTE-BR10, le Zincop 101 contenant 10 p. 100 de Cu, 10 p. 100 de Zn et 2 p. 100 de B (car d'autres symptômes avaient entre temps permis de soupçonner l'existence d'une déficience additionnelle en Zn). Le barème utilisé à ce jour est le suivant :

— Age	N0	N1	N2	N3	N4	N5
— g/plant	10	20	50	100	100	150

Il a permis de faire disparaître tous les symptômes ou désordres attribués à la déficience en cuivre sur les cultures 1980-81 et de les éviter sur les années de culture qui ont suivi. Les plants de la pépinière affectés par la déficience en cuivre, traités avec FTE-BR 10 n'avaient pas eu le temps de récupérer suffisamment pour les plantations 1982 auxquelles ils étaient destinés. 50 p. 100 d'entre eux ont été conservés en pépinière un an de plus pour être mis en place en 1983. Ces plantations 1983 (770 ha) traitées ensuite avec le Zincop 101 sont maintenant d'excellente qualité. Par contre, les cultures 1981 et 1982 se « souviennent » de la déficience initiale qui a retardé leur développement et introduit une grande hétérogénéité de croissance et de précocité.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] CHAPMAN H. D. (1966). — *Diagnostic criteria for plants and soils* University California, U.S.A., 793 p.
- [2] ESCHBACH H. M. (1980). — Les oligoéléments dans la nutrition du palmier à huile (bilingue fr.-angl.). *Oléagineux*, 35, n° 6, p. 281-294.
- [3] GURMIT SINGH (1982). — Micronutrient studies on oil palm on peat. *Perak Planters' Assoc. J.*, p. 69-83.
- [4] JONES U. S. (1982). — *Fertilizers and Soil Fertility*. Clemson University South Carolina, U.S.A., 421 p.
- [5] MENGEL K., KIRBY E. A. (1979). — *Principles of plant nutrition*. International Potash Institute Berne, Switzerland, 593 p.
- [6] MORTVEDT J. J., GIORDANO P. M., LINDSAY W. L. (1982). — *Micronutrients in agriculture*. Soil Science Society of America, Inc-Madison, U.S.A., 566 p.
- [7] NG SIEW KEE, TAN Y. P. (1974). — Nutritional complexes of oil palm planted on peat soil in Malaysia. I. — Foliar symptoms, nutrient composition and yield (bilingue angl.-fr.). *Oléagineux*, 29, n° 1, p. 1-14.
- [8] RAJARATNAM J. A. (1976). — Micronutrients. In : *Oil Palm Research*. R.H.V. Corley (Ed.) Elsevier, Amsterdam (Netherl.), 532 p.
- [9] TURNER P. D. (1981). — *Oil palm diseases and disorders*. The Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur, Malaysia, 280 p.
- [10] NG SIEW KEE, TAN Y. P., CHAN E., CHEONG S. P. (1974). — Nutritional complexes of oil palm planted on peat soil in Malaysia. II. — Preliminary results of copper sulphate treatments (bilingue angl.-fr.). *Oléagineux*, 29, n° 10, p. 445-456.

SUMMARY

Cases of copper deficiency in oil palm nurseries of Brazilian Amazonia.

A. R. PACHECO, I. M. BARNWELL, B. J. TAILLIEZ, *Oléagineux*, 1986, 41, N° 11, p. 483-489.

In 1981-1982, serious development anomalies were observed in young crops and in the oil palm nursery of the Codepa plantation and in the nursery of the Rio Urubu plantation belonging to Embrapa-CNPDS in Brazil. These anomalies were as follows : small chlorotic patches at the end of young leaves. These patches become yellow with age and small necroses appear. The vertical growth of the plants comes to a halt. The copper content of these leaves is less than 2 ppm. Several trials were set up to test the copper deficiency hypothesis, to estimate the risks of phytotoxicity and to determine the best treatment method. Copper deficiency can be corrected by spraying copper sulphate on the leaves (solution containing less than 0.1 p. 100 to avoid phytotoxicity), or by applying it to the soil (less than 5 g per bag for plants in the nursery 6 months). It is observed that intensive NPK fertilization accelerates the appearance of symptoms. The planting material is more or less sensitive depending on its origins. In the nursery, a content of 4.5 ppm for leaves 2 to 6 can be considered as the critical level.

RESUMEN

Casos de deficiencia de cobre en un semillero de palma africana en la Amazonia brasileña.

A. R. PACHECO, I. M. BARNWELL, B. J. TAILLIEZ, *Oléagineux*, 1986, 41, N° 11, p. 483-489.

En 1981-1982 se anotaron serias anomalías de desarrollo en los cultivos jóvenes y en los semilleros de palma africana en la plantación de la Codepa y en el semillero de la estación de Río Urubú, de la Embrapa-CNPDS, en el Brasil. Estas anomalías eran las siguientes : pequeñas manchas cloróticas en el extremo de las hojas jóvenes, poniéndose amarillas tales manchas con la edad, y apareciendo pequeñas necrosis ; el crecimiento en altura de los plantones se interrumpe, y el contenido de cobre en las hojas es menor de 2 ppm. Se establecieron varios ensayos para probar la hipótesis de la deficiencia de cobre, evaluándose los riesgos de fitotoxicidad, y escogiéndose la forma de tratamiento óptima. Se puede corregir la deficiencia de cobre pulverizando sulfato de cobre en las hojas (solución con menos de un 0,1 p. 100, para prevenir una fitotoxicidad), o mediante aplicaciones en el suelo (menos de 5 g por bolsa para plantones con 6 meses de semillero). Se observa que una fertilización intensiva con NPK acelera la aparición de los síntomas. El material vegetal es más o menos sensible según su origen. En el semillero, un contenido de 4,5 ppm para las hojas 2 a 6 puede considerarse el nivel crítico.

